

CLIPPEDIMAGE= JP410093140A
PAT-NO: JP410093140A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10093140 A
TITLE: GaN LIGHT-EMITTING DEVICE

PUBN-DATE: April 10, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

JOHN, RENNIE

HATAGOSHI, GENICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOSHIBA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP08246432

APPL-DATE: September 18, 1996

INT-CL_(IPC): H01L033/00; H01S003/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an operational voltage and a threshold current

of a device by performing mesa-etching to a confinement region to a desired shape, after formation of a confinement region containing a layer-like etching region consisting of at least one layer as a constituent element.

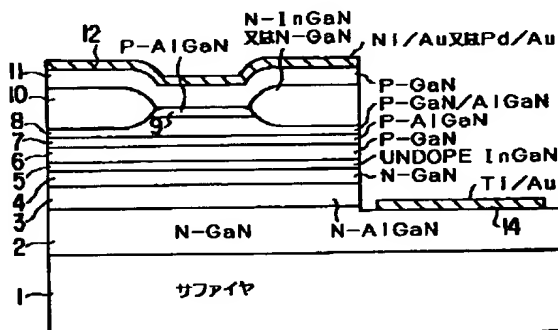
SOLUTION: A layer-like etching region, consisting of a p-type GaN/AlGa grade layer 8 is interposed between p-type AlGa_N clad layers 7 and 9. An Al composition of a layer-like etching region is graded by gradually increasing an Al composition upward from a p-type GaN layer in contact with a clad layer 7, so that it attains a composition of the clad layer 9 adjacent to an upper part. Since etching of AlGa_N is faster than that of GaN of a lower layer, etching rate lowers gradually from an upper part to a lower part, and finally GaN functions as an etching stop layer, therefore, mesa stripes 8, 9 having a wedge-type foot are formed. An operational voltage and a threshold current of the device can be reduced by using a layer-like etching region.

C PYRIGHT: (C)1998,JP

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

H01S 3/18



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも電流及び光のいずれか1つの閉じ込め領域を有するGa_N系発光装置において、少なくとも1層からなる層状のエッチング領域を構成要素として含む閉じ込め領域を形成した後、前記閉じ込め領域を所望の形状にメサエッチングしたことを特徴とするGa_N系発光装置。

【請求項2】 前記層状のエッチング領域のメサエッチングが電気化学的方法により行われたことを特徴とする請求項1記載のGa_N系発光装置。

【請求項3】 前記層状のエッチング領域を構成する少なくとも1つの層の抵抗率が、隣接する層の抵抗率と異なる値を有することを特徴とする請求項2記載のGa_N系発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はGa_N系半導体レーザ又はGa_N系発光ダイオード等のGa_N系発光装置に係り、特に電流と光の閉じ込め領域を有する装置において、あらかじめ層状のエッチング領域を用意し、これをウェットエッチングすることにより閉じ込め領域の形状を最適化することを特徴としている。前記層状のエッチング領域を具備することにより、低電圧でかつ低しきい値電流で動作する装置を得ると同時に、エッチング領域上に再成長したGa_N系多層構造の界面特性と結晶性が向上することにより、長寿命な装置を得ることができる。

【0002】

【従来の技術】従来Ga_N系発光装置は、Ga_NのP型不純物としてMgの添加に成功して以来、紫外又は可視青色領域における半導体レーザあるいは発光ダイオードとして、商品化をめざした多くの研究開発が進められた。しかし、一定の限定された範囲でレーザ作用が見られたものの、克服すべき多くの課題が残され、まだ商品化には至っていない。

【0003】その1つは、良好な球面波を有する光ビーム放射を可能とするよう、Ga_N系半導体レーザ装置の電流及び光の閉じ込め領域を形成することである。現状においては、前記レーザは極めて非対称な、もしくは位相が揃っていないビームを放射することしかできないため、実用的なレーザ特性が得られていない。これは前記Ga_N系半導体レーザ装置の特性向上にとって、オーミックコンタクト抵抗の低減と同様に重要な検討課題となっている。

【0004】従来のIII-V族化合物半導体レーザ装置においては、これらの課題は活性層を含む多層構造をメサ型にエッチングした後、上部コンタクト領域を再成長により形成する埋め込みストライプ構造、例えばBH (Buried Hetero)、CDH (Constricted Double Hetero)、SBR (Selectively Buried Ridge Waveguide)

等の構造を用いることにより達成されてきた。

【0005】しかし、Ga_N系化合物半導体材料は化学的に不活性な性質があり、ウェットエッチングを行うことが極めて困難であるため、従来III-V族化合物半導体レーザ及び発光ダイオードを対象として開発されてきた大部分の技術が、Ga_N系システムには移転できないという問題がある。すなわちGa_N系では、メサ加工には主としてドライエッチングしか用いることができないため、Ga_N系半導体レーザ装置に前記埋め込みストライプ型CDH構造を形成し、良好なレーザ特性を得ることはいちじるしく困難であった。

【0006】ドライエッチング法では、主として入射面に垂直方向にエッチングが進行する。従ってドライエッチング法を用いて形成されたメサの側面は、メサの上面に対して90°の角度を持つ。用途によってはこのような形状が望ましい場合もあるが、Ga_N系半導体レーザ装置等に対しては、前記のような角型の断面構造の部分を含まない、上面からなだらかに裾野が広がるメサ型形状の方が望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記したように従来のGa_N系発光装置は、主としてドライエッチング法を用いて、電流と光の閉じ込め率が低い、角型の断面形状を有するメサ型構造の形成が試みられていたため、動作電圧とレーザ発光のしきい値電流の大きい、実用に耐えない装置しか得られなかった。

【0008】本発明は上記の問題点を解決すべくなされたものであり、メサ加工面を電流と光の閉じ込めにとって最適な形状に制御するエッチング方法を見出し、Ga_N系発光装置について最適設計されたメサストライプの断面形状の加工に、この制御方法を用いることにより、これらの装置の動作電圧としきい値電流を大幅に低減することを目的としている。

【0009】さらにメサ加工面の形状を制御するエッチング方法を適用することにより、従来に比べてGa_N系半導体表面に形成される点欠陥の数を減少させ、平滑な界面を有するGa_N系結晶上の多層構造の成長を可能とし、長寿命で結晶性に優れた装置を得ようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のGa_N系発光装置は、少なくとも電流及び光のいずれか1つの閉じ込め領域を具備し、かつ前記閉じ込め領域は少なくとも1層からなる層状のエッチング領域を構成要素として含むものであり、前記閉じ込め領域をメサエッチングすることにより所望のメサ型形状を有する閉じ込め領域を形成したものである。

【0011】好ましくは、前記層状のエッチング領域のエッチングは、電気化学的方法により行われることを特徴とする。また、前記層状のエッチング領域を構成する

少なくとも1つの層の抵抗率が、隣接する層の抵抗率と異なる値を有することを特徴とする。

【0012】上記のように本発明は、特別に形成された層状のエッチング領域を設けること、及びこれにメサ加工面のエッチング率を制御することができる電気化学的エッチングを併用することにより、良好なメサ型加工面を有するGa_{0.9}N_{0.1}系発光装置を提供することができる。また、前記層状のエッチング領域を用いることにより、動作電圧としきい値電流を大幅に低減したGa_{0.9}N_{0.1}系レーザ装置を構成することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1(a)は本発明の第1の実施の形態における、利得ガイド型Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体レーザ装置の製造工程の中間段階における構造を示す断面図である。

【0014】図1(a)に示すGa_{0.9}N_{0.1}系半導体レーザ装置は、サファイヤ基板1の上にN型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層2を成長した後、レーザ装置の主要部であるN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3、N型Ga_{0.9}N光ガイド層4、undoped-InGa_{0.9}N活性層5を成長し、引き続きその上にP型Ga_{0.9}N光ガイド層6と、P型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層7を成長する。この段階までは従来のGa_{0.9}N系半導体レーザ装置、発光ダイオードと同様な構造に形成される。

【0015】ここで各層の成長には通常Ga_{0.9}N系材料のエピタキシャル成長に用いるMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法が適用される。InGa_{0.9}N活性層5よりも禁制帯幅の大きいGa_{0.9}N光ガイド層4、6、更に禁制帯幅が大きく屈折率の小さいAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3、7を用いることにより、そのヘテロ接合面において、活性領域5への縦方向のキャリア閉じ込めと、これに伴う活性領域への縦方向への光閉じ込めを有効に行うことができる。

【0016】さらに良好な球面波を有する光ビーム放射を可能にするため、横方向の電流閉じ込めと、これに伴う光の横モードの制御が必要となる。これを実現するため、エッチングマスクを用いて、通常十分厚く成長した上部クラッド層7を、メサ型断面形状を有するメサストライプ状に形成し、メサの側面上に電流狭窄(電流ブロック)層を設けて、平坦なメサの上部より電流を供給する構造が用いられる。

【0017】本発明の構造は、前記メサ型断面形状を有するメサストライプをP型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層7に形成するに当たり、前記Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層7の上にP型Ga_{0.9}N/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層8からなる層状のエッチング領域を成長し、更にその上に光の横方向閉じ込め効果を高めるためAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層9を成長した後、前記メサストライプを加工することにある。

【0018】図1(a)に示す構造は、メサ型の形成前の本発明のGa_{0.9}N系半導体レーザの多層構造を示してい

る。標準的な光蝕刻技術を用いてP型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層9のメサとする領域をマスクし、その他の部分をメサエッチングする。

【0019】P型Ga_{0.9}N/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層8からなる層状のエッチング領域は、P型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層7と9の間に介在し、クラッド層7に接するP型Ga_{0.9}N層から上向きにAl組成を徐々に増加して上部に隣接するクラッド層9の組成に達するよう層状のエッチング領域のAl組成のグレード付けを行う。

10 【0020】前記グレード付けは必ずしも連続的に行う必要はなく、前記層状のエッチング領域をステップ状にAl組成が増加する多層構造を用いて形成するようにしても良い。例えばGa_{0.9}NとAl_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる超格子や下部にGa_{0.9}N層を有する1層のAl_{0.1}Ga_{0.9}Nをこの目的に用いることもできる。

【0021】前記層状のエッチング領域において、Al_{0.1}Ga_{0.9}Nのエッチングは下層のGa_{0.9}Nより速いので、グレード付けされた上部のAl_{0.1}Ga_{0.9}Nから下部のGa_{0.9}Nに向けて次第にエッチング率が低下し、最後にGa_{0.9}Nが事実上のエッチング停止層として働くため、図1(b)に示すようなウェッジ型の裾野を有するメサストライプ8、9が形成される。

【0022】図2は、ドライエッチングを用いてP型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層9に形成された、従来のGa_{0.9}N系半導体レーザ装置に用いられた角型のメサストライプの断面構造を示す図である。ドライエッチングを用いる場合には、Al組成を変化することによりエッチング率を変化させても、メサストライプ構造の断面形状は図2に示すように角型になり変化しない。従って、本発明のP型Ga_{0.9}N/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層8を設けても、メサの断面形状をなだらかにする効果は得られない。

【0023】次に、図2に示すようにメサストライプの断面形状が角型である場合に、レーザ特性に生ずる問題点について説明する。図3に示すように、レーザ装置を形成するための次の段階は、電流ブロックと光の横モード制御を行うため、N型のInGa_{0.9}N又はGa_{0.9}Nからなる領域10を成長することである。このとき、ドライエッチングによりメサ型を形成したGa_{0.9}N系半導体レーザ装置では、2つの大きい問題が生ずる。

40 【0024】第1の問題は、図2のようにドライエッチされたAl_{0.1}Ga_{0.9}N層9の表面は粗な面となり、例えば電流ブロック領域10としてN型Ga_{0.9}Nを用いた場合、P型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層9とN型Ga_{0.9}N電流ブロック領域10との界面の形状は極めて劣悪なものとなる。従って、界面に生じた高密度の欠陥により低抵抗なリークパスが発生し、レーザ装置のリーク電流を増加させる。

【0025】第2の問題は、メサエッジの側面が垂直であることより生ずる。図2に示すメサエッジ9の基底部分との角型のコーナーの部分には、均一に結晶生長させることがいちじるしく困難であり、通常前記メサの基底

部分には高密度の欠陥を含む領域が形成される。この領域ではリーク電流が極めて大きいため十分な電流ブロックが行われず、また注入されたキャリアの再結合率が大きいためレーザ発光の出力が大幅に低下する。

【0026】これに対して、層状のエッチング領域を形成した上で、ウエットエッチングによりメサストライプを形成した本発明のGa_{0.5}In_{0.5}N系半導体レーザの構造を用いれば、メサストライプの基底部分がなだらかで、かつ平滑性に優れているため過剰の欠陥を生ずることがなく、N型Ga_{0.5}In_{0.5}N又はN型InGa_{0.5}Nからなる電流ブロック領域10を容易に成長することができる。

【0027】また、ウエットエッチング法を用いれば、ドライエッチングのようにエッチ面に表面損傷を受けることがないので、ドライエッチングに比べて極めて平滑な界面形状が得られる。

【0028】最後に図3に示すように、前記N型InGa_{0.5}N又はGa_{0.5}Nからなる電流ブロック層10とP型AlGa_{0.5}N層9の上部に、P型Ga_{0.5}Nからなるコンタクト層11をMOCVD法により成長し、その上にNi/Au又はPd/Auからなるアノード電極12と、サファイヤ基板上に隣接して形成されたGa_{0.5}Nバッファ層2の上にTi/Auからなるカソード電極14をそれぞれスパッタ法を用いて形成することにより、Ga_{0.5}N系半導体レーザ装置を完成することができる。

【0029】本発明の方法は、上記電流ブロック層を用いる埋め込みCDH型レーザの他、単純なメサ型構造を有するレーザの形成にも応用することができる。このほか、ドライエッチング法で得られる角型のメサの形状とは異なる、種々のメサ形状を有するその他のレーザ構造にも適用することができる。また同様な構造をGa_{0.5}N系高輝度発光ダイオードにも適用できることはいうまでもない。

【0030】次に図4に基づき、本発明の第2の実施の形態について説明する。図4は、本発明の層状のエッチング領域を用いたウエットエッチング方法を、単純なメサストライプ型レーザの形成に用いた場合の装置の断面構造を示す図である。サファイヤ基板1の上にMOCVD法を用いてN型Ga_{0.5}Nバッファ層2を形成し、引き続き本発明の層状のエッチング領域としてN型Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層15を成長する。N型Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層15の材料構成は第1の実施の形態において説明したものと同様である。

【0031】引き続きN型AlGa_{0.5}Nクラッド層3、N型Ga_{0.5}N光ガイド層4、undoped-InGa_{0.5}N活性層5、P型Ga_{0.5}N光ガイド層6、P型AlGa_{0.5}Nクラッド層7、P型Ga_{0.5}Nコンタクト層11からなるレーザ装置の多層構造をMOCVD法により成長する。

【0032】次に図4に示すように、前記Ga_{0.5}N系半導体レーザを構成する多層構造をメサストライプ型に加工することにより、ビーム状のレーザ発光を得ることが可

能になる。通常メサストライプ型のレーザでは、メサ加工により露出した側面を保護するため、保護絶縁膜13を用いて被覆する。

【0033】このようなメサストライプの形成に、図2で説明したドライエッチング法を用いれば、メサの側面が基板表面に対して90°にエッチングされるため、理想的な形状が得られるように思われる。

【0034】しかし、第1の実施の形態において説明したように、ドライエッチングによりメサ加工された側面は表面損傷が大きいため、表面におけるリーク電流と注入キャリアの再結合率がいちじるしく大きくなり、レーザ発光のしきい値電流が大幅に増加する。また、このように表面リーク電流の増加したレーザ装置は、保護絶縁膜13で被覆しても十分な装置の信頼性を確保することができない。

【0035】ドライエッチングによる表面損傷により発生する欠陥密度は、メサストライプの角型の基底部分において最大となり、またこの部分には、前記保護絶縁膜を密着させることが困難となる。これらの問題を回避するため、メサエッチングをウエット法を用いて行うことと、メサストライプの基底部分における角型形状を、なだらかに裾野を引く形にすることが必要である。

【0036】このため図4に示すように、本発明の層状のエッチング領域であるN型Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層15は、メサの基底部に設けられ、レーザ装置を構成する多層構造の最上層にストライプ状のマスクを設けて、ウエットエッチングすることにより、メサの基底部になだらかな裾野を形成する。このなだらかな形状は、メサ基底部へのより密着性の高い絶縁膜13の形成を可能とし、装置の信頼性を向上させる。またウエットエッチングにより表面再結合中心を低減することにより、しきい値電流が小さく、また低消費電力なGa_{0.5}N系半導体レーザ装置を得ることができる。

【0037】次に図5に基づき本発明の第3の実施の形態について説明する。図5は第1の実施の形態とは構造の異なるCDHレーザに、本発明の層状のエッチング領域を用いた例が示されている。この例では前述の例と異なり、最もエッチングされ難いGa_{0.5}NがGa_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層16の上部に設けられている。

【0038】サファイヤ基板1の上にN型Ga_{0.5}Nバッファ層2を成長し、引き続き本発明のN型Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層16からなる層状のエッチング領域を成長する。このときグレード層16の構成は、前記N型Ga_{0.5}Nバッファ層2に隣接する部分でAl組成が最大であり、上方に向けてAl組成が減少し、最後にもっともエッチング率の小さいGa_{0.5}Nとなるように設計されている。

【0039】このように設計されたN型Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}Nグレード層16をウエットエッチングすることにより、図5に示すような、角の部分が丸められた断面形状

の、逆メサ形状のN型ストライプ16を、N型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層上に形成することができる。角が平滑な曲面で構成されることにより、前記逆メサ状のメサストライプ16が、その上に成長するN型Ga_{0.9}N_{0.1}層2aにより、バッファ層2を含めて界面に欠陥を生ずることなく埋め込まれる。

【0040】このとき逆メサ16の中央部は凸型に、周辺部には逆メサが存在しないので凹型にGa_{0.9}N_{0.1}層2aが成長する。このような凹凸のある下地の上に、原料ガスの流量等を最適化して、MOCVD法を用いて多層構造をエピタキシャル成長することにより、図5に示すような、複数の曲面状のヘテロ接合界面を有するCDH型のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体レーザを形成することができる。

【0041】前記CDH型レーザにおいては、前記ヘテロ界面で構成される曲面群を利用して、P型Ga_{0.9}N_{0.1}コンタクト層11の上に設けた絶縁膜13の、ストライプ状の開孔を介して、再上層のアノード電極12から活性5の凹部に電流を集中させれば、曲面状に形成されたAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド3、7及びGa_{0.9}N光ガイド層4による、横方向の光閉じ込め効果が発生し、特に電流ブロック層を設けることなく、レーザ光の横モード制御を行うことができる。

【0042】良好なレーザ発光特性を有するCDH型のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体レーザを形成するためには、断面形状が図5の16に示すような、平滑な曲面で囲まれた逆メサ型のメサストライプを埋め込むことが必須の技術であり、この部分に最適形状に設計された本発明の層状のエッチング領域を用いることができる。

【0043】次に図6に基づき本発明の第4の実施の形態を説明する。図6は埋め込みストライプ型レーザに本発明のウェットエッチング法を適用した例が示されている。この構造は図3と異なり、活性層5自身が電流ブロック層17によりストライプ状に限定された形状となっている。

【0044】サファイヤ基板1の上にN型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層2を成長し、その上に本発明の層状のエッチング領域であるN型Ga_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層15を成長する。ここでN型Ga_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層15は、下部のN型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層に隣接するN型Ga_{0.9}Nから上部に向けて、Al組成が増加するように設計されている。引き続きN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3、undoped-InGa_{0.9}N活性層5、P型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層7、P型Ga_{0.9}Nコンタクト層11を成長する。

【0045】次に前記P型Ga_{0.9}Nコンタクト層上に酸化膜からなるストライプ状のエッチングマスクを設け、下層に設けた本発明のN型Ga_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層15までウェットエッチングする。このようにすればN型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層2に隣接するN型Ga_{0.9}Nがエッチングの停止層として働くため、前記N型Ga_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層は図6の15に示すように、なだらかに裾

野を引く断面形状を持ったメサストライプとして形成される。

【0046】メサの側面にN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる電流のブロック層17を形成し、このようにして形成されたメサ型の頂上部を含む多層構造全体の上面に絶縁膜13を形成し、P型Ga_{0.9}Nコンタクト層の部分をストライプ状に開孔して、アノード電極となるNi/Au又はPd/Auをスパッタする。さらにN型Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層上にTi/Auからなるカソード電極を設けて、それぞれリフトオフすることにより、埋め込みストライプ型Ga_{0.9}N系半導体レーザを完成する。

【0047】このようにして形成されたレーザ装置では、N型Ga_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nグレード層15の上のN型Al_{0.1}Ga_{0.9}N電流ブロック層17の成長界面が滑らかに接続され、またGa_{0.9}N系レーザの主要構成部となるundoped-InGa_{0.9}N活性層5を含む多層構造からなる側壁部と前記電流ブロック層17との接続も滑らかになるので良好なレーザ特性を得ることができる。

【0048】ここで、種々の形状のメサを形成するのに用いることができる、前記層状のエッチング領域の基本的な構成を図7及び図8に示す。図7(a)に示すように、下部から上部に向けて徐々にAl組成が増加するGa_{0.9}N_{0.1}/Al_{0.1}Ga_{0.9}Nからなるグレード層を用いて、下部のGa_{0.9}N層と上部Al_{0.1}Ga_{0.9}N層を接続すれば、第1、第2及び第4の実施の形態で説明したように、上層から下層までなだらかに接続した理想的なエッチングプロファイルが得られる。図7(a)の右側にこのようにして形成されたメサ側面のエッチングプロファイルを示す。

【0049】しかし、Al組成を徐々に変化したグレード層の形成は、結晶成長技術として必ずしも容易ではない。そこで、下部のGa_{0.9}N層と上部のAl_{0.1}Ga_{0.9}N層との間に、上層に比べてAl組成の小さいAl_{0.1}Ga_{0.9}N層(x>y)を1層のみ挿入して、図7(b)の右に示すような多少キンクが含まれるエッチングプロファイルとすることも実用上は重要な方法である。

【0050】このとき図8に示すように、挿入した1層のAl_{0.1}Ga_{0.9}NのAl組成が上層のAl_{0.1}Ga_{0.9}N層(x<y)のAl組成よりも大きい場合には、図8の右に示すようなオーバーハング型のエッチングプロファイルを得ることもできる。

【0051】次に本発明のウェットエッチングの方法について詳細に説明する。ウェットエッチングの溶液として、NaOH、HF系の溶液や、HPO₃溶液、KOH等の溶液を用いることができる。しかし、これらのエッチング溶液は、結晶化したGa_{0.9}N系材料を、ある程度までしかエッチングすることができない。Al_{0.1}Ga_{0.9}NのようなAlを含む混晶ではエッチングは僅かに進むが、十分なエッチングを行うためには、次にのべるような電気化学的方法を用いなければならない。

【0052】図9に、本発明の層状のエッチング領域の

電気化学的方法によるエッチング装置の概念図を示す。18は、Ga₂N系多層構造を形成した基板であり、NaOHの溶液19に浸される。20は直流電源であり、前記Ga₂N系多層構造に含まれる層状のエッチング領域が正、NaOH溶液19が負となるように接続される。また、ピーカーの側壁に沿ってコイル状の金属電極21が設けられ、直流電源20の負側に接続される。22はスターラーであり、ピーカーの外部に設けたコントローラの回転磁場を用いてNaOH溶液19を攪拌する。

【0053】Ga₂N系多層構造を形成した基板18の支持部等、エッチングの対象外である部分の表面は、ワックス等で保護し、電流が流れないようにされている。このように、エッチング溶液中でGa₂N系半導体を正にバイアスすれば、表面の原子が酸化するか、又は複合化合物を形成してエッチング溶液中に溶出する。Ga₂N系半導体がP型の場合には、エッチング率は電流に比例する。しかし、N型の場合には、エッチング溶液と半導体表面との間に生ずる障壁が逆バイアスされることになるので、P型の場合のように、電流との間に単純な比例関係が成り立たない。N型Ga₂N系半導体に対してエッチングを進行させるためには、ピーカーを通して、その禁制帯幅よりも大きなエネルギーの光照射をすることが必要である。

【0054】また、エッチングの際に、スターラーを用いて液を攪拌することがエッチングを進行させるための必須の条件である。エッチング液を攪拌しなければ、Ga₂N表面が不安定な酸化層で覆われるため、エッチングが停止してしまう。

【0055】この他、前記電気化学的エッチングのみにより、エッチングプロファイルを変化することも可能である。例えば層状のエッチング領域のA1組成を変化する代りに、層の厚さ方向の抵抗率を変化して電気化学的エッチングを行えば、厚さ方向にエッチングの電流密度分布が変化し、これに応じてエッチングプロファイルを変化することができる。

【0056】N型Ga₂NとP型Ga₂Nのように、導電型の異なる層の抵抗の差も、電気化学的エッチングに利用することができる。例えば図10に示すようなストライプ型のレーザ構造において、隣接するP型Ga₂N層11を全くエッチングすることなく、上部のN型Ga₂N層2のみを選択的にエッチングし、P型Ga₂N層11を露出させることができる。

【0057】このとき、もし電気化学的方法を用いない通常のエッチングを行えば、エッチング停止の検出が困難であり、アンダエッチやオーバエッチの問題を避けることができない。しかし、電気化学的エッチングの場合には、P型Ga₂Nの電気抵抗がN型Ga₂N層に比べて非常に大きいので、P型Ga₂N層をエッチングの停止層として有効に用いることができる。

【0058】なお本発明は上記の実施の形態に限定され

ることはない。例えば本発明の層状のエッチング領域を形成するに当り、組成の変化と抵抗率の変化を組み合わせることにより、他の方法では得られないエッチング形状を形成することができる。このような特殊な形状は必ずしもレーザのメサストライプの側面形状の制御ばかりでなく、化合物半導体装置の構成上重要な役割を果たす加工の困難な任意の構成部分に適用可能なものである。

【0059】同様に本発明の層状のエッチング領域に、導電型の異なる層と抵抗率の異なる層及び組成の異なる層とを組み合わせ用いるようにしても良い。その他本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々に変形して実施することができる。

【0060】

【発明の効果】上述したように本発明のGa₂N系発光装置によれば、特に設けられた層状のエッチング領域と、これに電気化学的エッチング法を併用することにより、発光装置の動作電圧としきい値電流を低減することができる。またエッチされた表面と、その上に成長した多層構造との界面の平滑性が改善されることにより、Ga₂N系多層構造の結晶性が改善され、長寿命のGa₂N発光装置を得ることができる。また本発明によれば、従来のエッチング法では不可能であった構造を有するGa₂N系発光装置を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るメサエッチングを行う前後におけるGa₂N系半導体レーザ装置の部分構造を示す断面図。

【図2】上部クラッド層を標準的なドライエッチング法で加工したときのメサ型の形状を示す断面図。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係るエッチング領域を用いたGa₂N系半導体レーザ装置の断面図。

【図4】本発明のエッチング領域を用いたメサ型Ga₂N系半導体レーザ装置の断面図。

【図5】本発明のエッチング領域を下層に設けたCDH型Ga₂N系半導体レーザ装置の断面図。

【図6】本発明のエッチング領域を用いた埋め込みストライプ型Ga₂N系半導体レーザ装置の断面図。

【図7】本発明のエッチング領域を用いて形成したエッチングプロファイルを示す図。

【図8】本発明のエッチング領域を用いて形成した他のエッチングプロファイルを示す図。

【図9】電気化学的方法を用いたエッチング装置の概念図。

【図10】本発明のエッチングを導電型の異なる層の選択エッチングに用いた例を示す断面図。

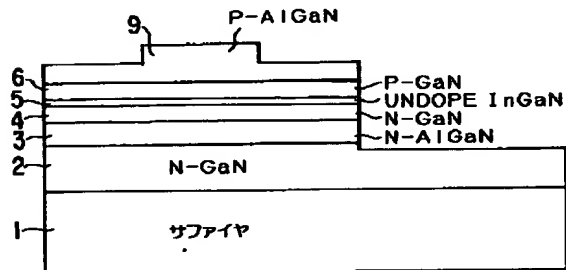
【符号の説明】

- 1…サファイヤ基板
- 2…N型Ga₂N層
- 2a…N型Ga₂N層
- 3…N型A1Ga₂Nクラッド層

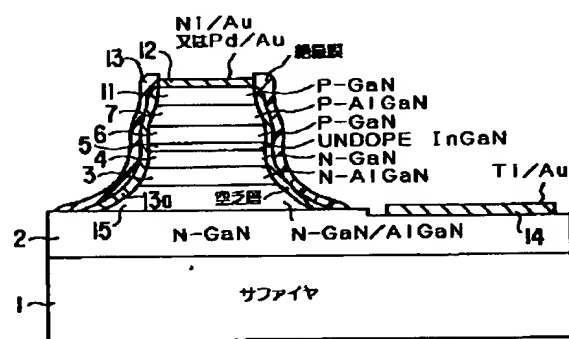
12

- 13 a…空乏層
- 14…TiAu電極
- 15…N型Ga_N/AlGa_Nグレード層
- 16…逆メサ型N型Ga_N/AlGa_Nグレード層
- 17…N型AlGa_N電流ブロック領域
- 18…Ga_N系多層構造を形成した基板
- 19…NaOH溶液
- 20…直流電源
- 21…コイル状の金属電極
- 22…スタラー

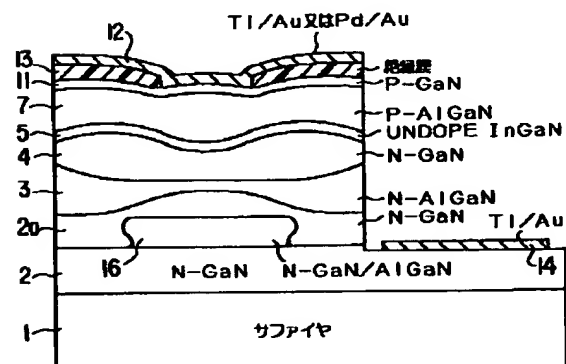
【図2】



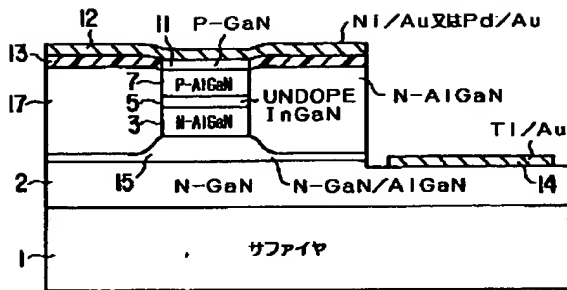
【図4】



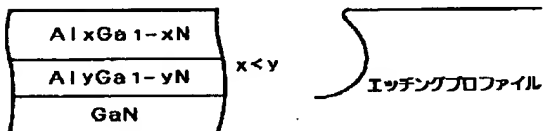
【図5】



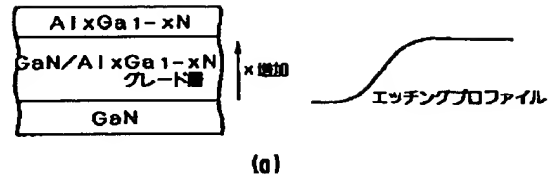
【図6】



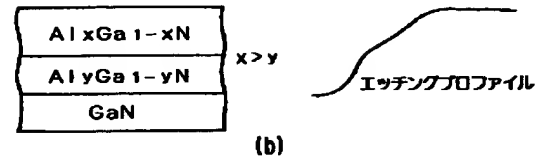
【図8】



【図7】

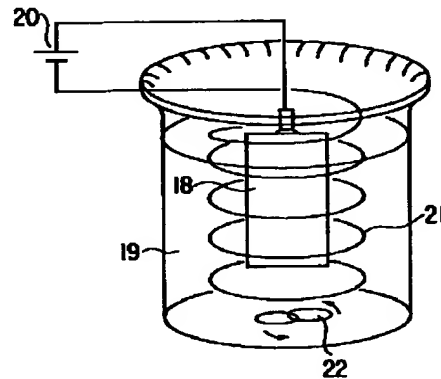


(a)

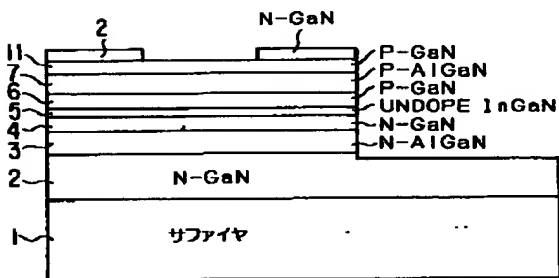


(b)

【図9】



【図10】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] It is characterized by preparing a stratified etching field beforehand, shutting up by carrying out wet etching of this, and optimizing the configuration of a field in the equipment which this invention relates to GaN system luminescence equipments, such as GaN system semiconductor laser or GaN system light emitting diode, especially current and light shut up, and has a field. the above -- providing a stratified etching field -- a low battery -- and while obtaining the equipment which operates with low threshold current, when the interface property of GaN system multilayer structure and crystallinity which carried out regrowth on the etching field improve, long lasting equipment can be obtained

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, since GaN system luminescence equipment succeeded in addition of Mg as a P type impurity of GaN, ultraviolet or many research and development which aimed at commercialization as the semiconductor laser in a visible blue field or light emitting diode have been furthered. However, although the laser operation was seen in the limited fixed range, many technical problems which should be conquered are left behind and it has not resulted in commercialization yet.

[0003] One of them is the current of GaN system semiconductor laser equipment and light shutting up, and forming a field, as light beam radiation which has a good spherical wave is enabled. In the present condition, since it can only perform that the aforementioned laser is very unsymmetrical or emits the beam to which the phase is not equal, the practical laser property is not acquired. This has been an important examination technical problem like reduction of ohmic-contact resistance for the improvement in a property of the aforementioned GaN system semiconductor laser equipment.

[0004] In conventional III-V group compound semiconductor laser equipment, after these technical problems ***** the multilayer structure containing a barrier layer to a mesa type, they have been attained by using structures, such as the embedding stripe geometry which forms an up contact field by regrowth, for example, BH (Buried Hetero), CDH (Constricted Double Hetero), SBR (Selectively Buried Ridge Waveguide), etc.

[0005] However, GaN system compound semiconductor material has an inactive property chemically, and since it is very difficult to perform wet etching, there is a problem that technology of most which has been conventionally developed for III-V group compound semiconductor laser and light emitting diode cannot transfer to a GaN system. That is, by the GaN system, since only dry etching was mainly able to be used for mesa processing, it was remarkably difficult to form the aforementioned embedding stripe type CDH structure in GaN system semiconductor laser equipment, and to acquire a good laser property.

[0006] By the dry etching method, etching advances perpendicularly mainly to plane of incidence. Therefore, the side of the mesa formed using the dry etching method has the angle of 90 degrees to the upper surface of a mesa. The mesa type configuration which does not contain the portion of the cross-section structure of the above square shapes to GaN system semiconductor laser equipment etc. depending on a use although such a configuration may be desirable where the range expands gently-sloping from the upper surface is more desirable.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As described above, since the formation of mesa type structure whose rate current and light shut up conventional GaN system luminescence equipment mainly using the dry etching method, and has a low and the cross-section configuration of a square shape was tried, only the equipment with the large threshold current of operating voltage and laser luminescence which does not bear practical use was obtained.

[0008] It aims at reducing the operating voltage and threshold current of these equipments sharply by making this invention that the above-mentioned trouble should be solved, finding out the etching method which controls a mesa processing side in the optimal configuration for current and light shutting up, and using this control method for processing of the cross-section configuration of a mesa stripe by which optimal design was carried out about GaN system luminescence equipment.

[0009] By applying the etching method which furthermore controls the configuration of a mesa processing side, the number of the point defects formed in a GaN system semiconductor front face compared with the former is decreased, and growth of the multilayer structure on the GaN system crystal which has a smooth interface is enabled, and it is long lasting and is going to obtain equipment excellent in crystallinity.

[0010]

[Means for Solving the Problem] At least, it shuts up, and a field is provided, and the GaN system luminescence equipment of this invention has and shuts up a desired mesa type configuration by [of current and the light / any / one] shutting up, shutting

up the account of before the account of before, including as a component the stratified etching field where a field consists of at least one layer, and carrying out mesa etching of the field, and forms a field.

[0011] Preferably, it is characterized by etching of the etching field of the shape of an aforementioned layer being performed by electrochemical process. Moreover, the resistivity of at least one layer which constitutes the etching field of the shape of an aforementioned layer is characterized by having a different value from the resistivity of the adjoining layer.

[0012] this invention can offer the GaN system luminescence equipment which has a good mesa type processing side as mentioned above preparing the stratified etching field formed specially and by using together electrochemical etching which can control the rate of etching of a mesa processing side to this. Moreover, the GaN system laser equipment which reduced operating voltage and threshold current sharply can be constituted by using the etching field of the shape of an aforementioned layer.

[0013]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the gestalt of operation of this invention is explained in detail. Drawing 1 (a) is the cross section showing the structure in the intermediate-stage story of the manufacturing process of gain guide type GaN system semiconductor laser equipment in the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[0014] After the GaN system semiconductor laser equipment shown in drawing 1 (a) grows the N type GaN buffer layer 2 on the sapphire substrate 1, it grows the N type AlGaIn clad layer 3 which is the principal part of laser equipment, the N type GaN light-guide layer 4, and the undoped-InGaIn barrier layer 5, and grows the P type GaN light-guide layer 6 and the P type AlGaIn clad layer 7 on it succeeding. This stage is formed in the same structure as conventional GaN system semiconductor laser equipment and light emitting diode.

[0015] The MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) method usually used for epitaxial growth of GaN system material is applied to growth of each class here. In the heterojunction side, eye carrier ***** lengthwise [to an active region 5] and eye ***** lengthwise [to the active region accompanying this] can be further performed effectively by using the GaN light-guide layers 4 and 6 with larger forbidden-band width of face than the InGaIn barrier layer 5, and the small AlGaIn clad layers 3 and 7 of a refractive index with large forbidden-band width of face.

[0016] In order to enable light beam radiation which has a still better spherical wave, control of the transverse mode of the light accompanying lateral eye current ***** and this lateral is needed. In order to realize this, the up clad layer 7 which grew usually sufficiently thickly is formed using an etching mask in the shape of [which has a mesa type cross-section configuration] a mesa stripe, a current constriction (current block) layer is prepared on the side of a mesa, and the structure which supplies current from the upper part of a flat mesa is used.

[0017] After the structure of this invention grows the stratified etching field which consists of a P type GaN/AlGaIn grade layer 8 on the aforementioned AlGaIn clad layer 7, and it grows the AlGaIn clad layer 9 in forming in the P type AlGaIn clad layer 7 the mesa stripe which has the aforementioned mesa type cross-section configuration in order to heighten the longitudinal direction locked-in effect of light on it further, it is to process the aforementioned mesa stripe.

[0018] The structure shown in drawing 1 (a) shows the multilayer structure of the GaN system semiconductor laser of this invention before mesa type formation. The mask of the field made into the mesa of the P type AlGaIn layer 9 using standard optical chemical engraving technology is carried out, and mesa etching of the other portions is carried out.

[0019] The stratified etching field which consists of a P type GaN/AlGaIn grade layer 8 intervenes among the P type AlGaIn clad layers 7 and 9, and it performs grade attachment of aluminum composition of a stratified etching field so that composition of the clad layer 9 which increases aluminum composition upward from the P type GaN layer which touches the clad layer 7 gradually, and adjoins the upper part may be reached.

[0020] It is not necessary to necessarily perform the aforementioned grade attachment continuously, and you may make it form the etching field of the shape of an aforementioned layer using the multilayer structure which aluminum composition increases in the shape of a step. For example, AlGaIn of one layer which has a GaN layer in the superlattice which consists of GaN and AlGaIn, or the lower part can also be used for this purpose.

[0021] In the etching field of the shape of an aforementioned layer, since etching of AlGaIn is quicker than lower layer GaN, in order that the rate of etching may fall gradually towards lower GaN from AlGaIn of the upper part by which grade attachment was carried out and GaN may finally work as a de facto etching halt layer, the mesa stripes 8 and 9 which have wedge type foot as shown in drawing 1 (b) are formed.

[0022] Drawing 2 is drawing showing the cross-section structure of the mesa stripe of the square shape used for conventional GaN system semiconductor laser equipment formed in the P type AlGaIn clad layer 9 using dry etching. In using dry etching, even if it changes the rate of etching by changing aluminum composition, it becomes a square shape and the cross-section configuration of mesa stripe geometry does not change, as shown in drawing 2. Therefore, even if it forms the P type GaN/AlGaIn grade layer 8 of this invention, the effect which makes the cross-section configuration of a mesa gently-sloping is not acquired.

[0023] Next, as shown in drawing 2, when the cross-section configuration of a mesa stripe is a square shape, the trouble produced in a laser property is explained. As shown in drawing 3, the next stage for forming laser equipment is growing up the field 10 which consists of InGaIn of N type, or GaN in order to perform transverse-mode control of a current block and light. At this time, two large problems arise with the GaN system semiconductor laser equipment which formed the mesa type by dry etching.

[0024] When the front face of the AlGaIn layer 9 where dry cleaning dirty [of the 1st problem] was carried out like drawing 2 turns into ***** , for example, N type GaN is used as a current block field 10, the configuration of the interface of the P type AlGaIn clad layer 9 and the N type GaN current block field 10 will become very inferior. therefore, the high-density defect

produced in the interface -- low -- a leak path [****] is generated and the leakage current of laser equipment is made to increase

[0025] The 2nd problem is produced from the side of a mesa edge being perpendicular. It is remarkably difficult for the portion of the corner of a square shape with the basic component of the mesa edge 9 shown in drawing 2 to carry out crystal growth uniformly, and the field which usually includes a high-density defect in the basic component of the aforementioned mesa is formed in it. In this field, since the leakage current is very large, sufficient current block is not performed, and since the rate of reunion of the poured-in carrier is large, the output of laser luminescence declines sharply.

[0026] On the other hand, if the structure of the GaN system semiconductor laser of this invention which formed the mesa stripe by wet etching is used after forming a stratified etching field, the basic component of a mesa stripe is gently-sloping, and the current block field 10 which does not produce the defect in which it is superfluous since it excels in smooth nature, and consists of N type GaN or N type InGa_N can be grown up easily.

[0027] Moreover, if the wet etching method is used, since a surface damage will not be received in a dirty side like dry etching, a very smooth interface configuration is acquired compared with dry etching.

[0028] As finally shown in drawing 3, in the upper part of the current block layer 10 which consists of the aforementioned N type InGa_N or Ga_N, and the P type AlGa_N layer 9 The anode electrode 12 which grows the contact layer 11 which consists of P type Ga_N by the MOCVD method, and consists of nickel/Au or Pd/Au on it, Ga_N system semiconductor laser equipment can be completed by forming the cathode electrode 14 which consists of Ti/Au using a spatter, respectively on the Ga_N buffer layer 2 adjoined and formed on the sapphire substrate.

[0029] The method of this invention is applicable also to the formation of laser which has simple mesa type structure besides which uses the above-mentioned current block layer] embedding CDH type laser. In addition, it is applicable also to different laser structure of others which have various mesa configurations from the configuration of the mesa of the square shape obtained by the dry etching method. Moreover, it cannot be overemphasized that the same structure is applicable also to Ga_N system quantity brightness light emitting diode.

[0030] Next, based on drawing 4, the form of operation of the 2nd of this invention is explained. Drawing 4 is drawing showing the cross-section structure of the equipment at the time of using the wet etching method using the stratified etching field of this invention for formation of simple mesa stripe type laser. On the sapphire substrate 1, the MOCVD method is used, the N type Ga_N buffer layer 2 is formed, and the N type Ga_N/AlGa_N grade layer 15 is succeedingly grown up as a stratified etching field of this invention. The material composition of the N type Ga_N/AlGa_N grade layer 15 is the same as that of what was explained in the form of the 1st operation.

[0031] The multilayer structure of the laser equipment which consists of the N type AlGa_N clad layer 3, the N type Ga_N light-guide layer 4, the undoped-InGa_N barrier layer 5, the P type Ga_N light-guide layer 6, a P type AlGa_N clad layer 7, and a P type Ga_N contact layer 11 succeedingly is grown up by the MOCVD method.

[0032] Next, as shown in drawing 4, it becomes possible to obtain laser beam-like luminescence by processing into a mesa stripe type the multilayer structure which constitutes the aforementioned Ga_N system semiconductor laser. Usually, in order to protect the side exposed by mesa processing, it covers with mesa stripe type laser using the protection insulator layer 13.

[0033] If the dry etching method explained by drawing 2 is used for formation of such a mesa stripe, since 90 degrees will ***** to it to a substrate front face in the side of a mesa, it is thought that an ideal configuration is acquired.

[0034] However, as explained in the form of the 1st operation, since the side in which mesa processing was carried out by dry etching has the large surface damage, the rate of reunion of a leakage current and a pouring carrier in a front face becomes remarkably large, and the threshold current of laser luminescence increases it sharply. Moreover, even if it covers with the protection insulator layer 13 the laser equipment which the surface leakage current increased in this way, it cannot secure the reliability of sufficient equipment.

[0035] The defect density generated by the surface damage by dry etching serves as the maximum in the basic component of the square shape of a mesa stripe, and it becomes difficult to stick the aforementioned protection insulator layer at this portion. In order to avoid these problems, it is required to perform mesa etching using the wet method and to make the square shape configuration in the basic component of a mesa stripe into the form which lengthens foot gently-sloping.

[0036] For this reason, as shown in drawing 4, the N type Ga_N/AlGa_N grade layer 15 which is the stratified etching field of this invention is formed in the fundus of a mesa, and forms gently-sloping foot in the fundus of a mesa by preparing and carrying out wet etching of the stripe-like mask to the best layer of the multilayer structure which constitutes laser equipment. This gently-sloping configuration enables formation of the insulator layer 13 with adhesion higher than a mesa fundus, and raises the reliability of equipment. Moreover, by reducing a surface recombination center by wet etching, threshold current can obtain low power Ga_N system semiconductor laser equipment small.

[0037] Next, based on drawing 5, the form of operation of the 3rd of this invention is explained. The example to which drawing 5 used the stratified etching field of this invention for the CDH laser with which structure differs from the form of the 1st operation is shown. Unlike the above-mentioned example, in this example, Ga_N to which it is the hardest to ***** is prepared in the upper part of the Ga_N/AlGa_N grade layer 16.

[0038] The N type Ga_N buffer layer 2 is grown up on the sapphire substrate 1, and the stratified etching field which consists of an N type Ga_N/AlGa_N grade layer 16 of this invention succeedingly is grown up. At this time, aluminum composition is the maximum in the portion which adjoins the aforementioned N type Ga_N buffer layer 2, aluminum composition decreases towards the upper part, and the composition of the KUREDO layer 16 is designed so that it may be set to Ga_N with the smallest rate of etching at the last.

[0039] Thus, by carrying out wet etching of the designed N type GaN/AlGa_N grade layer 16, the N type stripe 16 of a reverse mesa configuration of the cross-section configuration in which the portion of an angle as shown in drawing 5 was rounded off can be formed on an N type GaN buffer layer. It is embedded by consisting of curved surfaces with a smooth angle, without the mesa stripe 16 of the shape of an aforementioned reverse mesa producing a defect in an interface by N type GaN layer 2a which grows on it including a buffer layer 2.

[0040] At this time, since a reverse mesa does not exist in a periphery, as for the center section of the reverse mesa 16, GaN layer 2a grows up to be a convex type at a concave. On a ground with such irregularity, the CDH type GaN system semiconductor laser which has the heterojunction interface of the shape of two or more curved surface as shown in drawing 5 can be formed by optimizing the flow rate of material gas etc. and growing multilayer structure epitaxially using the MOCVD method.

[0041] In the type laser aforementioned [CDH], the curved-surface group which consists of aforementioned hetero interfaces is used. If current is centralized on the crevice of activity 5 from the anode electrode 12 of the re-upper layer through puncturing of the shape of a stripe of the insulator layer 13 prepared on the P type GaN contact layer 11 Transverse-mode control of a laser beam can be performed without the lateral optical locked-in effect by the AlGa_N clad 3 and 7 and the GaN light-guide layer 4 which were formed in the shape of a curved surface occurring, and preparing especially a current block layer.

[0042] In order to form the CDH type GaN system semiconductor laser which has a good laser luminescence property, it is indispensable technology to embed the reverse mesa type mesa stripe surrounded on the smooth curved surface as a cross-section configuration shows to 16 of drawing 5 , and the stratified etching field of this invention designed by this portion at the optimal configuration can be used.

[0043] Next, based on drawing 6 , the gestalt of operation of the 4th of this invention is explained. The example in which drawing 6 applied the wet etching method of this invention to embedding stripe type laser is shown. Unlike drawing 3 , this structure serves as a configuration to which barrier-layer 5 self was limited by the current block layer 17 in the shape of a stripe.

[0044] The N type GaN buffer layer 2 is grown up on the sapphire substrate 1, and the N type GaN/AlGa_N grade layer 15 which is the stratified etching field of this invention is grown up on it. The N type GaN/AlGa_N grade layer 15 is designed here so that aluminum composition may increase from N type GaN which adjoins a lower N type GaN buffer layer towards the upper part. The N type AlGa_N clad layer 3, the undoped-InGa_N barrier layer 5, the P type AlGa_N clad layer 7, and the P type GaN contact layer 11 are grown up succeedingly.

[0045] Next, wet etching is carried out to the N type GaN/AlGa_N grade layer 15 of this invention which prepared the etching mask of the shape of a stripe which consists of an oxide film on the aforementioned P type GaN contact layer, and was prepared in the lower layer. If it does in this way, in order that N type GaN which adjoins the N type GaN buffer layer 2 may work as a halt layer of etching, the aforementioned N type GaN/AlGa_N grade layer is formed as a mesa stripe with the cross-section configuration which lengthens foot gently-sloping, as shown in 15 of drawing 6 .

[0046] An insulator layer 13 is formed in the upper surface of the whole multilayer structure containing the mesa type summit section which formed the block layer 17 of the current which becomes the side of a mesa from N type AlGa_N, and was formed by doing in this way, the portion of a P type GaN contact layer is punctured in the shape of a stripe, and the spatter of nickel/Au or Pd/Au used as an anode electrode is carried out. Embedding stripe type GaN system semiconductor laser is completed by preparing the cathode electrode which consists of Ti/Au on an N type GaN buffer layer furthermore, and carrying out a lift off, respectively.

[0047] Thus, with the formed laser equipment, since connection with the side-attachment-wall section and the aforementioned current block layer 17 which consist of multilayer structure containing the undoped-InGa_N barrier layer 5 which the growth interface of the N type AlGa_N current block layer 17 on the N type GaN/AlGa_N grade layer 15 is connected smoothly, and serves as the main composition section of GaN system laser also becomes smooth, a good laser property can be acquired.

[0048] The fundamental composition of the etching field of the shape of an aforementioned layer which can be used for forming the mesa of various configurations here is shown in drawing 7 and drawing 8 . If a lower GaN layer and a lower up AlGa_N layer are connected using a being [it]-from GaN/AlGa_N which aluminum composition increases from the lower part gradually towards the upper part grade layer as shown in drawing 7 (a), as the gestalt of the 1st, the 2nd, and the 4th operation explained, the ideal etching profile connected gently-sloping from the upper layer to the lower layer will be obtained. The etching profile of the mesa side formed in the right-hand side of drawing 7 (a) by doing in this way is shown.

[0049] However, the formation of a grade layer which changed aluminum composition gradually is not necessarily easy as crystal-growth technology. Then, it is also a practically important method to accept and insert one layer ($x > y$) of Al_xGa_{1-y}N layers with small aluminum composition between a lower GaN layer and a upside Al_xGa_{1-x}N layer compared with the upper layer, and to consider as the etching profile in which a kink is contained somewhat as shown in the right of drawing 7 (b).

[0050] As shown in drawing 8 at this time, when inserted aluminum composition of Al_xGa_{1-y}N of one layer is larger than aluminum composition of the upper Al_xGa_{1-x}N layer ($x < y$), an overhang type etching profile as shown in the right of drawing 8 can also be obtained.

[0051] Next, the method of the wet etching of this invention is explained in detail. As a solution of wet etching, it is the solution of NaOH and HF systems, and HPO₃. Solutions, such as a solution and KOH, can be used. However, only until can ***** the GaN system material which crystallized these etching solutions to some extent. In the mixed crystal containing aluminum like AlGa_N, although etching progresses slightly, in order to perform sufficient etching, you have to use electrochemical process which is described below.

[0052] The conceptual diagram of the etching system by the electrochemical process of the stratified etching field of this invention is shown in drawing 9 . 18 is the substrate in which GaN system multilayer structure was formed, and is dipped in the

solution 19 of NaOH. 20 is DC power supply, and the stratified etching field included in the aforementioned GaN system multilayer structure is connected for positive and the NaOH solution 19 so that it may become negative. Moreover, the coil-like metal electrode 21 is formed along with the side attachment wall of a beaker, and it connects with the negative side of DC power supply 20. 22 is a stirrer and stirs the NaOH solution 19 using the rotation magnetic field of a controller established in the exterior of a beaker.

[0053] The front face of portions which are outside the object of etching, such as a supporter of the substrate 18 in which GaN system multilayer structure was formed, protects with a wax etc., and it is made for current not to flow. Thus, if bias of the GaN system semiconductor is just carried out in an etching solution, a surface atom will oxidize, or a conjugated compound will be formed, and it will be eluted in an etching solution. When a GaN system semiconductor is P type, the rate of etching is proportional to current. However, in the case of N type, since the reverse bias of the obstruction produced between an etching solution and a semiconductor front face will be carried out, simple proportionality is not realized between current like [in the case of P type]. In order to advance etching to an N type GaN system semiconductor, it is required to let a beaker pass and to carry out optical irradiation of bigger energy than the forbidden-band width of face.

[0054] Moreover, they are the indispensable conditions for using a stirrer in the case of etching and stirring liquid at it advancing etching. If an etching reagent is not stirred, since it is covered by the oxidizing zone with a metastable GaN front face, etching will stop.

[0055] In addition, it is also possible to change an etching profile only with aforementioned electrochemical etching. For example, if the resistivity of the direction of layer thickness is changed and electrochemical etching is performed instead of changing aluminum composition of a stratified etching field, the current density distribution of etching can change in the thickness direction, and an etching profile can be changed according to this.

[0056] Like N type GaN and P type GaN, the difference of resistance of the layer from which a conductivity type differs can also be used for electrochemical etching. For example, in stripe type laser structure as shown in drawing 10, without completely *****ing the adjoining P type GaN layer 11, only the upside N type GaN layer 2 can be *****ed alternatively, and the P type GaN layer 11 can be exposed.

[0057] If the usual etching which does not use electrochemical process is performed at this time, detection of an etching halt is difficult and cannot avoid the problem of undershirt dirty ** over-etching. However, in electrochemical etching, since it is very large compared with an N type GaN layer, the electric resistance of P type GaN can use a P type GaN layer effectively as a halt layer of etching.

[0058] In addition, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned operation. For example, by other methods, the etching configuration which is not acquired can be formed by combining change of composition, and change of resistivity in forming the stratified etching field of this invention. Such a special configuration is applicable to the difficult arbitrary components of processing which not necessarily plays the constitutionally important role of not only control of the side configuration of the mesa stripe of laser but compound semiconductor equipment.

[0059] Similarly, the layer from which the layer from which a conductivity type differs, the layer from which resistivity differs, and composition differ is constructed to the stratified etching field of this invention, and it is good for it as for a method of *****. in addition, in the range which does not deviate from the summary of this invention, many things can be boiled, and it can deform and carry out

[0060]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to the GaN system luminescence equipment of this invention, the operating voltage and threshold current of luminescence equipment can be reduced by using the electrochemical etching method together with the stratified etching field prepared especially to this. Moreover, by improving the smooth nature of the interface of the front face by which dirty was carried out, and the multilayer structure which grew on it, the crystallinity of GaN system multilayer structure is improved and long lasting GaN luminescence equipment can be obtained. Moreover, according to this invention, the GaN system luminescence equipment which has the impossible structure can consist of conventional etching methods.

[Translation done.]